



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 42 43 832 A 1

⑯ Int. Cl. 5:  
G 01 B 11/00  
G 01 B 11/03  
// G01L 15/00, B25J  
15/00

⑯ Aktenzeichen: P 42 43 832.2  
⑯ Anmeldetag: 23. 12. 92  
⑯ Offenlegungstag: 30. 6. 94

⑯ Anmelder:  
Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,  
DE  
⑯ Vertreter:  
Amersbach, W., Dipl.-Ing., 89250 Senden

⑯ Erfinder:  
Marten, Peter, 7900 Ulm, DE; Urban, Peter, Dr., 7900  
Ulm, DE; Holdik, Karl, Dr., 7901 Beimerstetten, DE;  
Rohwer, Klaus, Dr., 3257 Springe, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:  
DE 37 15 693 C1  
DE 42 03 124 A1  
ROBERTSON and WALKDEN: Tactile Sensor  
System for Robotics. In: Robot Sensors, Vol.2,  
Tactile and Non-Vision, pp. 89-97;  
MOTT and LEE and NICHOLLS: An experimental  
very- high-resolution tactile sensor array. In: Robot  
Sensors, Vol.2 - Tactile and Non-Vision, pp.179-188;  
TANIE;  
et.al.: A high-Resolutin tactile sonor. In: Robot  
Sensors, Vol.2 - Tactile and Non-Vision,pp.189-198;

⑯ Tastsensoranordnung  
⑯ Für eine Tastsensoranordnung wird eine mehrlagige Fo-  
lienanordnung aus einer Druckübertragungsfolie, einer  
Lichtleitfolie und einer Sensorfolie vorgeschlagen, die flexi-  
ibel und an verschiedenen Konturen anpaßbar ist. Die  
Sensorfolie enthält eine Mehrzahl von in der Folienfläche  
getrennt angeordneten Einzelsensoren, die vorzugsweise als  
organische Farbstoff-Solarzellen in Dünnpfilmtechnik ausge-  
führt und im Zeitmultiplex individuell ansteuerbar sind. Die  
Tastsensoranordnung ist besonders vorteilhaft für Greifein-  
richtungen der Robotik und in der Automatisierungstechnik.

DE 42 43 832 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 05.94 408 026/133

BNSDOCID: <DE\_4243832A1\_1>

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Tastsensoranordnung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Derartige Tastsensoranordnungen sind insbesondere von Bedeutung in der Robotik um einerseits den auf ein Objekt, z. B. durch Handhabung mit einem Greifer, ausgelösten Druck quantitativ zu detektieren und anderseits aus der Druckverteilung bei flächiger Berührung auch Form und Lage eines Objekts erfassen zu können.

Ein Überblick über bekannte Lösungen oder Lösungsansätze für Tastsensoranordnungen findet sich beispielsweise in "The International Journal of Robotics Research", Vol. 8, No. 1, S. 38-62, Feb. 1989. Unter anderem sind dort auch Tastsensoranordnungen mit Lichtleitfolien beschrieben, bei welchen eine Druckübertragungsfolie bei externer Druckeinwirkung durch ein Objekt die Lichtleitfolie lokal berührt und an den Berührungsflächen deren Lichtleiteigenschaften stört. An diesen Berührungsflächen gestreutes Licht tritt an der gegenüberliegenden Fläche der Lichtleitfolie aus und wird als ein Tastbild mit einer Kamera aufgenommen. Die Anordnung ist damit aber nur mit starken Einschränkungen bezüglich der räumlichen Gegebenheiten einsetzbar und insbesondere in der Robotik bei Greifvorrichtungen kaum verwendbar.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Tastsensoranordnung anzugeben, die kompakt aufgebaut und vielseitig einsetzbar ist.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Durch die Ausführung als dreilagige Folie ergibt sich eine flexible Sensoranordnung, die an weitgehend beliebige Konturen anpassbar ist und deren Platzbedarf vernachlässigbar ist. Da die Sensoren mit bekannten Verfahren insbesondere aus der Mikroelektronik in kleinen Strukturen herstellbar sind, ist eine hohe Flächenauflösung erzielbar.

Als optoelektrische Sensoren kommen insbesondere Photoleiter, Phototransistoren oder photovoltaische Elemente in Betracht, wobei Sensoren aus organischem Material gegenüber halbleiterkristallinem Material wie Silizium oder Verbindungshalbleitern den Vorteil einfacher Folienverarbeitung besitzen. Als organisches Material für Photoleiter käme beispielsweise Poly-N-Vinylkarbazol (PVK, n-leitend) und Trinitro-Fluoren (TNF, p-leitend) in Betracht.

Photovoltaische Zellen aus organischem Material sind als Farbstoff-Photovoltaik-Zellen zur Solarenergiegewandlung insbesondere auf gekrümmten Flächen bekannt. Gegenüber den organischen Photoleitern zeigen sie vorteilhafterweise eine höhere Konversionseffizienz und einstellbare Absorptionsbände. Durch den niedrigen Quellwiderstand wird die Störsicherheit gegen Einstreuungen verbessert. Außerdem entfällt die bei organischen Photoleitern z. T. beträchtliche Betriebsspannung.

Die in der Fläche der Sensorfolie getrennten Einzelsensoren sind vorteilhafterweise individuell adressierbar. Die Auslesung der Sensorsignale an eine Auswerteeinrichtung erfolgt bei hoher Sensorzahl vorzugsweise im Zeitmultiplex, wofür eine Matrixanordnung der Sensoren mit Zeilen- und Spaltenzuleitungen besonders günstig ist.

Die Beleuchtung der Lichtleiterfolie erfolgt vorzugsweise mittels einer Array-Anordnung von Leuchtdioden oder Halbleiterlasern. Gepulster Betrieb der Lichtquel-

len erlaubt zum einen, in den Impulspausen Dunkelstromeffekte der Sensoren zu detektieren und in den Sensorsignalen zu kompensieren, und zum andern eine Steigerung der Beleuchtungsstärke ohne Erhöhung der thermischen Belastung. Darüberhinaus kann durch Synchrongleichrichtung (Lock-in) der elektrischen Sensor signale eine Erhöhung des Signal-Rausch-Abstands erreicht werden.

In Fig. 1 ist der Aufbau der erfindungsgemäßen Tastsensoranordnung als Querschnitt durch die einzelnen Folienschichten skizziert. Eine Druckübertragungsfolie 1, die beispielsweise aus Silikongummi besteht, zeigt eine glatte erste Oberfläche 11 und eine zweite Oberfläche 12 mit Reliefstruktur. Die Druckübertragungsfolie liegt mit ihrer strukturierten Seite auf einer Lichtleitfolie 2 auf. Die Lichtleitfolie 2 ist mit Licht von einer vorzugsweise gepulst betriebenen Lichtquellenanordnung 4 geflutet. Durch Totalreflexion an den Oberflächen der Lichtleitfolie wird das Licht in dieser geführt. Die Totalreflexion ist an Flächen, an denen die Druckübertragungsfolie die Oberfläche der Lichtleitfolie berührt, gestört und Licht wird an der Berührungsfläche gestreut und tritt auf der gegenüberliegenden Seite aus der Lichtleitfolie aus. An dieser gegenüberliegenden Seite der Lichtleitfolie 2 ist eine Sensorfolie 3 mit einer Mehrzahl in der Fläche der Sensorfolie getrennter Einzelsensoren 31 angeordnet. Die Sensoren 31 können auf der Oberfläche der Folie angeordnet oder in diese eingebettet sein. Zwischen Sensorfolie 3 und Lichtleitfolie 2 kann erforderlichenfalls eine die lichtleitenden Eigenschaften der Folie 2 gewährleistende Zwischenschicht eingelegt sein. Ohne Druckeinwirkung auf die Druckübertragungsfolie 1 sind die Auflageflächen der Reliefstruktur, die im skizzierten Beispiel aus Halbkugeln besteht, minimal und die Lichtstreuung ist vernachlässigbar. Bei lokaler Druckeinwirkung F verformen sich die betroffenen Halbkugelelemente der Druckübertragungsfolie 1 und bilden eine größere Auflagefläche auf der Lichtleitfolie, was zu verstärkter Lichtstreuung führt. Die Intensität des gestreuten Lichts ist ein Maß für den lokal einwirkenden Druck. Das gestreute Licht trifft auf die gegenüberliegend in der Sensorfolie 3 angeordneten optoelektrischen Sensoren 31, wobei im wesentlichen nur direkt gegenüberliegende Sensoren mit Licht beaufschlagt werden. Auf die Sensoren einfallendes Streulicht führt zu entsprechenden elektrischen Sensorsignalen, die somit als ein Maß für den lokal auf die Druckübertragungsfolie einwirkenden Druck ausgewertet werden können.

Fig. 2 zeigt eine vorteilhafte rechtwinklige Matrixanordnung von Sensoren, vorzugsweise organischen Dünffilm-Solarzellen 32, die mit Zeilenleitungen 33 und Spaltenleitungen 34 als Dünffilmleitungen kontaktiert sind. Die Zeilen- und Spaltenleitungen sind an den Kreuzungspunkten 35 gegeneinander isoliert. Das Rastermaß der Matrix beträgt beispielsweise ca. 0,5 mm.

Eine Multiplex-Ausleseanordnung für die in Fig. 2 skizzierte Matrixanordnung zeigt die Fig. 3. Die Auswahl eines individuellen Sensorelements erfolgt durch Auswahl einer Spalten- und einer Zeilenleitung in der Multiplexeranordnung 5. Der Photostrom  $I_{ph}$  eines ausgewählten Sensorelements wird beispielsweise in einem Strom-Spannungs-Wandler 7 in eine Ausgangsspannung umgesetzt, die als Spannungswert  $U_{nm}$  ein Maß für den Druck am Ort des Kreuzungspunkts von Spalte n und Zeile m ist.

Die Erfindung ist insbesondere vorteilhaft als Sensorfläche in Greifvorrichtungen, z. B. als "Sensorhaut" für

BEST AVAILABLE COPY

die als "dexterous hand" bekannte Greifhand des MIT-Utah, in Greifhänden von Simulatoren und zur Oberflächenabtastung in der Automatisierungstechnik geeignet, und ermöglicht sowohl die Erkennung lokaler Druckmaxima als auch über die Flächenverteilung des detektierten Drucks die Erkennung von Lage und Form eines Objekts. 5

## Patentansprüche

1. Tastsensoranordnung mit einer Lichtleitfolie und mit einer Druckübertragungsfolie, dadurch gekennzeichnet, daß an der abgewandten Oberfläche der Lichtleitfolie (2) eine Sensorfolie (3) mit einer Mehrzahl in der Fläche getrennter optoelektrischer Sensoren (31) angeordnet ist. 10
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren als photovoltaische Zellen ausgeführt sind. 20
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren als photoleitende Flächenelemente ausgeführt sind.
4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren als Dünnfilm-Elemente ausgeführt sind. 25
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren aus organischem Material bestehen.
6. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren individuell adressierbar sind. 30
7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren in Matrixanordnung in der Fläche der Sensorfolie verteilt sind. 35
8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auslesung der elektrischen Sensorsignale im Zeitmultiplex erfolgt.
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Lichtflutung der Lichtleitfolie eine oder mehrere Lichtquellen im Impulsbetrieb vorgesehen sind. 40
10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß Auswerteeinrichtungen in den Impulspausen Dunkelstromeffekte der Sensoren detektieren und die Sensorsignale bei Beleuchtung entsprechend korrigieren. 45
11. Anordnung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorsignale einer Synchrongleichrichtung (Lock-in) unterworfen werden. 50
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, gekennzeichnet durch ein Leuchtdioden-oder Halbleiterlaser-Array als Lichtquelle. 55
13. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die der Lichtleitfolie zugewandte Oberfläche der Druckübertragungsfolie eine durch Druck reversibel deformierbare Relieffstruktur aufweist. 60

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

**BEST AVAILABLE COPY**

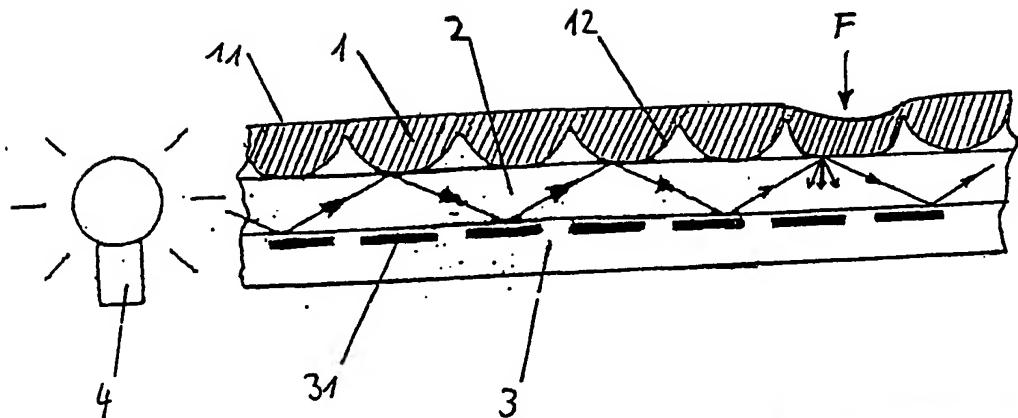


FIG.1

FIG.2

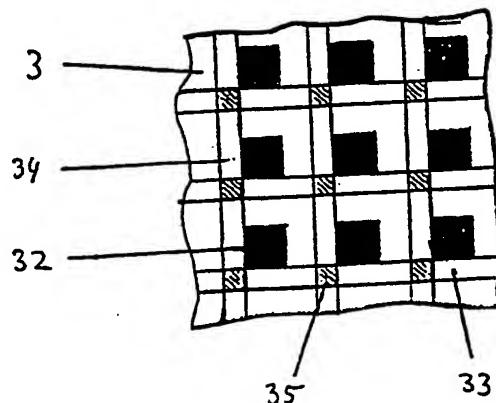
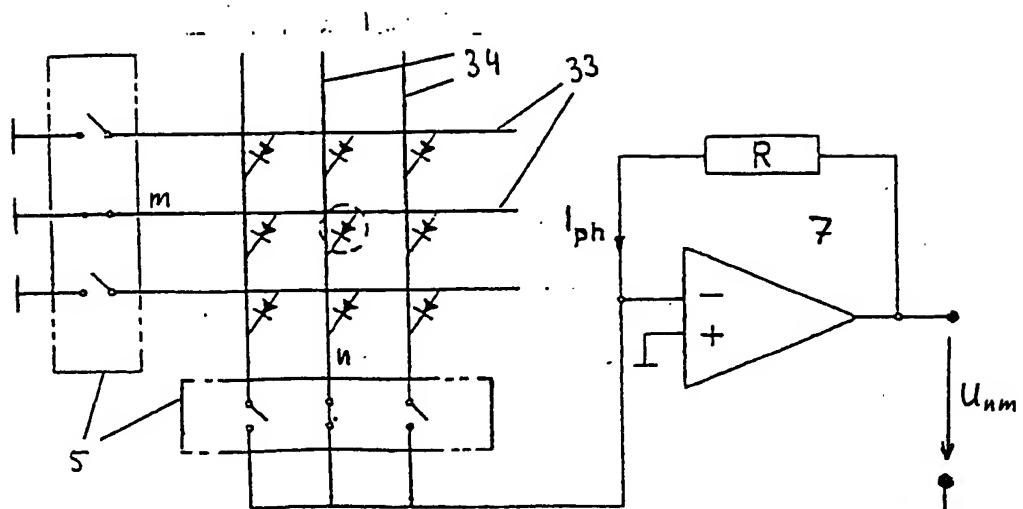


FIG.3



408 026/133

BEST AVAILABLE COPY